

Материальные расчёты
при проектировании лакокрасочных
производств

Казань
2014

УДК 667
ББК 35.74
МЗЗ

Рецензенты:

канд. тех. наук, доц. Островская А.В.
канд. тех. наук, доц. Плешков В.А.

Составители:

А.В. Вахин,
М.Р. Зиганшина.

МЗЗ Материальные расчеты при проектировании лакокрасочных производств: Метод. указ. к практическим занятиям и курсовому проектированию по дисциплине «Технология лаков и красок» / сост. А.В. Вахин, М.Р. Зиганшина. – Казань: Изд-во Казан. ун-та, 2014. – 38 с.

В методических указаниях изложены требования к материальным расчётам, выполняемым при курсовом и дипломном проектировании. Приведены примеры расчётов по основным производствам лакокрасочных заводов.

Предназначены для студентов, обучающихся по направлению «Химическая технология», профиль «Технология и переработка полимеров», дисциплина «Технология лаков и красок».

Подготовлены на кафедре химической технологии лаков, красок и лакокрасочных покрытий.

Печатается по решению методической комиссии Казанского национального исследовательского технологического университета.

УДК 667
ББК 35.74

© Издательство Казанского университета, 2014

ВВЕДЕНИЕ. МАТЕРИАЛЬНЫЕ РАСЧЁТЫ

Материальные расчеты - важная составная часть технологических расчетов при выполнении курсовых и дипломных проектов. К ним относятся определение количеств исходных веществ и продуктов их превращения на каждой стадии технологического процесса, потребности в сырье, производственных потерь. Полученные данные используются в дальнейшем для расчета размеров, производительности и количества необходимого технологического оборудования, механических и тепловых расчетов аппаратов, определения расхода энергии на технологические нужды.

Основой материальных расчетов является составление материального баланса. Составлению материального баланса предшествует выбор рациональной технологической схемы производства с учетом новейших достижений науки и техники в конкретной области знаний.

Материальный баланс любого технологического процесса или его части составляется на основании закона сохранения массы вещества

$$\Sigma m_{\text{исх}} = \Sigma m_{\text{кон}},$$

где $\Sigma m_{\text{исх}}$ – суммарная масса исходных продуктов процесса;

$m_{\text{кон.}}$ – суммарная масса конечных продуктов процесса в тех же единицах измерения.

Таким образом, если в какой-либо аппарат или технологический узел поступает m_A кг продукта А, m_B кг продукта В и т.д., а в результате химической реакции или физической переработки образуется и выходит из аппарата m_C кг продукта С, m_D кг продукта D и т.д., а также если в конечных продуктах остается часть начальных продуктов А (m^*_A кг), В (m^*_B кг) и производственные потери продуктов в аппарате составляют Δm кг, то при этом должно сохраниться равенство

$$m_A + m_B = m_C + m_D + m^*_A + m^*_B + \Delta m.$$

Следовательно, общая масса всех поступающих в аппарат (или в цех) материалов (т.е. приход) равна общей массе выходящих материалов (т.е. расходу). Разрабатываемый проект должен сводить к минимуму производственные потери продуктов. Механические потери могут быть связаны с подтеканием фланцев, сальников, арматуры, при проливе и просыпании продуктов, разгрузке и упаковке в тару, мытье аппаратов и коммуникаций перед ремонтом и при переводе производства с одного продукта на другой. Снижению потерь способствует увеличение мощности производства, перевод его с периодической технологии на непрерывную, снижение числа стадий, использование высококачественного сырья, не требующего предварительной очистки, уменьшение числа хранилищ. Транспортировка продуктов в виде расплавов, растворов, суспензий уменьшает потери, связанные с затариванием, промежуточным хранением и перегрузкой твердых продуктов. Различают теоретический и практический материальный баланс. Теоретический баланс рассчитывается на основе стехиометрического уравнения химической реакции по величинам молекулярных масс исходных веществ и образующихся продуктов. Практический материальный баланс составляется с учетом состава исходного сырья и готовой продукции, избытка одного из исходных компонентов, выхода образующихся веществ, потери сырья и готового продукта и т.д.

Материальный баланс может быть составлен как на единицу времени (сутки, час), так и на единицу массы сырья и готовой продукции (тонна, килограмм). Наиболее распространенным является материальный баланс, составленный на 1000 кг 100 %-ного готового продукта. При изменении состава технического продукта или мощности производства такой расчет всегда остается неизменным.

Перед выполнением материальных расчетов следует составить схему материальных потоков, в которой стадии технологического процесса изображают в виде квадратов, а все

материальные потоки (исходных и промежуточных продуктов, а также их потерь) – в виде линий со стрелками. Исходными данными для расчета являются величины потерь по каждой стадии, годовая мощность производства и режимный фонд времени.

Материальный баланс рассчитывают по всем стадиям технологического процесса. Полученные результаты сводят в таблицу материального баланса по массе исходных веществ (приход) и образующихся конечных продуктов, а также всех потерь (расход) (табл. 1).

Таблица 1 – Материальный баланс на 1000 кг продукта

Приход		Расход	
Статья прихода	Кол-во, кг	Статья расхода	Кол-во, кг
Продукт А	m_A	Продукт А (остаток)	m^*_A
Продукт В	m_B	Продукт В (остаток)	m^*_B
		Продукт С	m_C
		Продукт D	m_D
		Производственные потери	Δm
Итого:	m	Итого:	m

На основании материального баланса определяют расходные коэффициенты - величины, характеризующие расход различных видов сырья на единицу массы товарного продукта. Далее, зная мощность проектируемого производства, рассчитывают количество сырья, необходимое для выполнения суточного и годового задания.

Ниже приведены примеры расчета материальных балансов наиболее распространенных продуктов лакокрасочных производств.

1. МАТЕРИАЛЬНЫЙ БАЛАНС ПРОИЗВОДСТВА ЛАКА ПФ-053

Цель: рассчитать количество сырья, необходимое для производства 1000 кг лака, а также выполнения суточного и годового задания.

Исходные данные: годовая производительность 25000 т. Режимный фонд времени 357 суток. Кислотное число (КЧ) 10 мг КОН/г. Рецепт лака приведена в табл. 2.

Таблица 2 – Рецепт лака ПФ-053

Наименование компонента	Состав, %	
	Основа	Лак
Подсолнечное масло	61.87	34.56
Фталевый ангидрид	22.60	12.70
Пентаэритрит	12.20	6.81
Ксилол	3.33	1.87
Сольвент	-	22.03
Уайт-спирит	-	22.03
Итого:	100.00	100.00
Добавляется катализатор 0.3–0.5 % от основы		

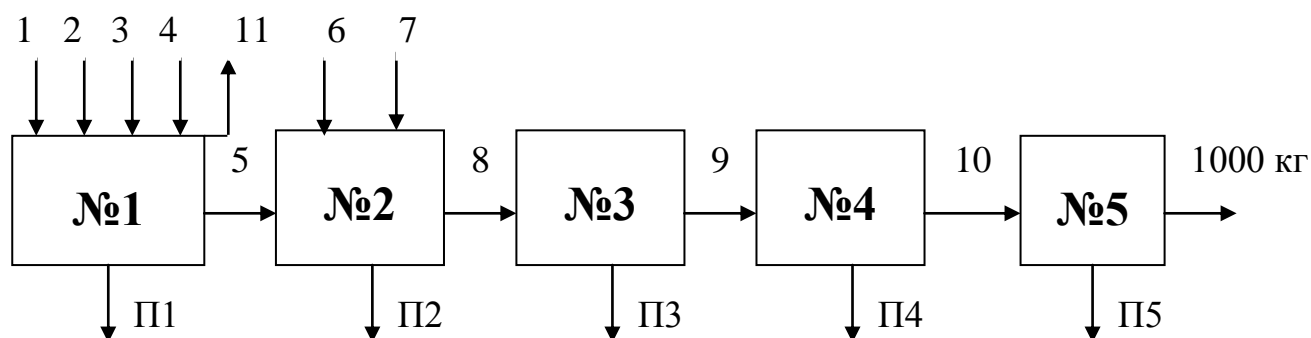


Рис. 1 – Схема материальных потоков производства лака
ПФ-053

Стадии процесса (рис. 1): №1 – получение основы лака;
 №2 – растворение основы лака;
 №3 – постановка лака “на тип”;
 №4 – фильтрация лака;
 №5 – хранение и розлив в тару.

Материальные потоки (рис. 1): 1 – подсолнечное масло, 2 – фталевый ангидрид, 3 – пентаэритрит, 4 – ксилол, 5 – основа лака, 6 – уайт-спирит, 7 – сольвент, 8, 9, 10 – лак, 11 – реакционная вода.

Потери по стадиям, %: П1 – 0.5; П2 – 1.5; П3 – 0.5; П4 – 0.5; П5 – 0.2.

Расчет сырья, необходимого для производства 1000 кг лака

Расчет сырья начинается с конечной стадии процесса. На стадию №5 (хранение и розлив) с учетом потерь (0.2 %) должно поступить X_5 лака, кг:

$$\frac{1000}{X_5} \quad \left| \begin{array}{l} (100 - 0.2) \% \\ 100 \% \end{array} \right. \quad X_5 = \frac{1000 \cdot 100 \%}{99.8 \%} = 1002.0.$$

Потери лака П5 составляют: $П5 = 1002.0 - 1000.0 = 2.0$ кг.

На стадию №4 (фильтрация) с учетом потерь (0.5 %) должно поступить лака X_4 , кг:

$$\frac{1002.0}{X_4} \quad \left| \begin{array}{l} (100 - 0.5) \% \\ 100 \% \end{array} \right. \quad X_4 = \frac{1002.0 \cdot 100 \%}{99.5 \%} = 1007.04.$$

Потери лака П4 составляют: $П4 = 1007.04 - 1002.0 = 5.04$ кг.

На стадию №3 (постановка на тип) с учетом потерь (0.5 %) должно поступить лака X_3 , кг:

$$\frac{1007.04}{X_3} \quad \left| \quad \frac{(100 - 0.5) \%}{100 \%} \right. \quad X_3 = \frac{1007.04 \cdot 100 \%}{99.5 \%} = 1012.1.$$

Потери лака ПЗ составляют: $P_3 = 1012.1 - 1007.04 = 5.06$ кг.

На стадию №2 (растворения основы) с учетом потерь (1.5 %) должно поступить лака X_2 , кг:

$$\frac{1012.1}{X_2} \quad \left| \quad \frac{(100 - 1.5) \%}{100 \%} \right. \quad X_2 = \frac{1012.1 \cdot 100 \%}{98.5 \%} = 1027.51$$

Потери лака П2 составляют: $P_2 = 1027.51 - 1012.1 = 15.41$ кг.

На стадиях №2 - №5 потери лака составляют $P_5 + P_4 + P_3 + P_2 = 27.51$ кг

На стадию растворения основы необходимые компоненты подаются в соответствии с рецептурой лака в следующем количестве, кг:

$$\text{уайт-спирит (сольвент)} \quad \frac{1027.51 \cdot 22.03 \%}{100 \%} = 226.36.$$

С первой стадии на стадию растворения основы должно поступить основы лака: $X_1 = 1027.51 - (226.36 + 226.36) = 574.79$ кг.

Ориентировочным расчетом (приводится ниже) для данных реагентов и, учитывая экспериментальные данные, определено, что в процессе синтеза выделяется реакционная вода в количестве 15.30 кг. Тогда масса основы лака в начале синтеза составит: $X_1 = 574.79 + 15.30 = 590.09$ кг.

Кроме того, потери, связанные с загрузкой реагентов составляют 0.5 %. Тогда с учетом этих потерь на стадию №1 должно поступить реагентов для получения основы X_1 , кг:

$$\frac{590.09}{X_1} \quad \left| \quad \frac{(100 - 0.5) \%}{100 \%} \right. \quad X_1 = \frac{590.09 \cdot 100 \%}{99.5 \%} = 593.05.$$

Потери составляют: $\Pi_1 = 593.05 - 590.09 = 2.96$ кг.

Из них, кг:

– подсолнечное масло	$\frac{2.97 \cdot 61.87\%}{100\%} = 1.84$
– фталевый ангидрид	$\frac{2.97 \cdot 22.6\%}{100\%} = 0.67$
– пентаэритрит	$\frac{2.97 \cdot 12.2\%}{100\%} = 0.36$
– ксилол	$\frac{2.97 \cdot 3.33\%}{100\%} = 0.10$

Всего: 2.96 кг.

Общее количество компонентов, поступающих на стадию получения лака, составляет 593.05 кг. Из них, кг:

– подсолнечное масло	$\frac{593.05 \cdot 61.87\%}{100\%} = 366.92;$
– фталевый ангидрид	$\frac{593.05 \cdot 22.60\%}{100\%} = 134.03;$
– пентаэритрит	$\frac{593.05 \cdot 12.20\%}{100\%} = 72.35;$
– ксилол	$\frac{593.05 \cdot 3.33\%}{100\%} = 19.75.$

Общие потери производства, учитывая выделение реакционной воды, составляют, кг:

$$\Pi = \Pi_1 + \Pi_2 + \Pi_3 + \Pi_4 + \Pi_5 = (2.95 + 15.3) + 15.41 + 5.06 + 5.03 + 2.0 = 45.75.$$

Результаты расчетов приведены в табл. 3.

Таблица 3 – Материальный баланс на 1000 кг лака ПФ-053

Приход		Расход		
Статья прихода	Кол-во, кг	Статья расхода	Кол-во, кг	
Подсолнечное масло	366.92	Лак	1000.00	
Фталевый ангидрид	134.03	Потери, из них по стадиям:	45.77	
Пентаэритрит	72.35			
Ксилол	19.75	№1	подсолнечное масло	1.84
Уайт-спирит	226.36		фталевый ангидрид	0.67
Сольвент	226.36		пентаэритрит	0.36
			ксилол	0.10
			реакционная вода	15.30
		№2	Лак	15.41
		№3	Лак	5.06
		№4	Лак	5.03
		№5	Лак	2.00
Итого:	1045.77	Итого:		1045.77

Расчет сырья, необходимого для выполнения суточной и годовой программ

Суточная производительность цеха определяется по формуле:

$$G_c = \frac{N}{T_{\text{реж}}} \quad (1)$$

где G_c – суточная производительность цеха, т;

N – годовая производительность цеха, т;

$T_{\text{реж}}$ – режимный фонд времени, сут.

$$G_c = \frac{25000}{357} = 70.028 \text{ т.}$$

Суточный расход сырья определяется исходя из данных, приведенных в табл. 3 материального баланса следующим образом:

На 1000 кг лака	Необходимо подсолнечного масла 367.05 кг	$X = \frac{70.028m \cdot 367.05kg}{1000kg} =$
На 70.028 т лака	X_t	$70.028m \cdot 0.36705 = 25.70 m.$

Аналогично для остального сырья, т:

– фталевый ангидрид	$70.028 \cdot 0.13408 = 9.39;$
– пентаэритрит	$70.028 \cdot 0.07238 = 5.07;$
– ксилол	$70.028 \cdot 0.01975 = 1.38;$
– уайт-спирит	$70.028 \cdot 0.22636 = 15.85;$
– сольвент	$70.028 \cdot 0.22636 = 15.85.$

Годовой расход сырья, т:

– подсолнечное масло	$25000 \cdot 0.36705 = 9176.3;$
– фталевый ангидрид	$25000 \cdot 0.13408 = 3352.0;$
– пентаэритрит	$25000 \cdot 0.07238 = 1809.5;$
– ксилол	$25000 \cdot 0.01975 = 493.8;$
– уайт-спирит	$25000 \cdot 0.22636 = 5659.0;$
– сольвент	$25000 \cdot 0.22636 = 5659.0.$

Расчёт выделяющейся реакционной воды

При синтезе алкидной основы выделяется реакционная вода, теоретическое количество которой на 1000 кг сырья рассчитывается следующим образом:

При взаимодействии 1 молекулы фталевого ангидрида ($M = 148$) с пентаэритритом выделяется 1 молекула воды ($M = 18$),

$$\frac{148}{226 \text{ кг}} \quad \bigg| \quad \frac{18}{X \text{ кг}} \quad X = \frac{226 \text{ кг} \cdot 18}{148} = 27.5 \text{ кг},$$

где 226 кг – количество фталевого ангидрида, необходимое для получения алкидной основы (табл. 3) при загрузке компонентов 1000 кг.

Исходя из кислотного числа основы уточняется количество реакционной воды. Степень превращения компонентов определяется:

$$\alpha = \frac{KЧ_{исх} - KЧ_{кон}}{KЧ_{исх}},$$

где α – степень превращения компонентов, $KЧ_{исх}$ и $KЧ_{кон}$ – соответственно, кислотное число исходной смеси компонентов и конечного продукта, мг КОН/г.

$$KЧ_{исх} = \frac{\sum KЧ_{инд} \cdot n_i}{100},$$

где $KЧ_{инд}$ – кислотное число индивидуального компонента, мг КОН/г;

n_i – содержание индивидуального компонента, мас. %.

$$KЧ_{инд} = \frac{f \cdot M_{\text{кон}} \cdot 1000}{M_i},$$

где $M_{\text{кон}}$ – молекулярная масса щелочи, г/моль;

M_i – молекулярная масса индивидуального компонента, г/моль;

f – функциональность карбоновой кислоты.

Для фталевого ангидрида $KЧ_{фа} = \frac{2 \cdot 56 \cdot 1000}{148} = 757 \text{ мг KOH / г.}$

Для подсолнечного масла КЧ согласно ТУ равно 6 мг КОН/г.

$$KЧ_{исх} = \frac{KЧ_{фа} \cdot n_{фа} + KЧ_{нм} \cdot n_{нм}}{100} = \frac{757 \cdot 22.60 + 6 \cdot 61.87}{100} = 174.8 \text{ мг KOH / г,}$$

тогда $\alpha = \frac{174.8 - 10}{174.8} = 0.943.$

Следовательно, с учётом степени превращения кислот количество реакционной воды составляет $27.5 \cdot 0.943 = 25.9$ кг.

При загрузке в реакционный аппарат 1000 кг сырья теоретический выход лаковой основы составляет $1000 - 25.9 = 974.1$ кг.

Для получения 1 тонны лака ПФ-053 необходимо на стадии синтеза получить 574.79 кг алкидной основы. Реакционной воды в этом случае выделится, кг:

$$\frac{974.10 \text{ основы}}{574.79 \text{ основы}} \left| \begin{array}{c} 25.90 \text{ воды} \\ X \end{array} \right. X = \frac{574.19 \cdot 25.90}{974.10} = 15.30.$$

Таким образом, потери компонентов при синтезе за счет удаления выделяющейся реакционной воды составляют 15.30 кг.

2. МАТЕРИАЛЬНЫЙ БАЛАНС ПРОИЗВОДСТВА ФЕРРИТНОГО ПИГМЕНТА, получаемого по керамической технологии

Цель: рассчитать количество сырья, необходимого для производства 1000 кг пигмента и выполнения суточного и годового задания цеха по производству ферритного кальциево-магниевого пигмента. Исходные данные: годовая производительность цеха составляет 5000 т, режимный фонд времени $T_{\text{реж}} = 249$ суток.

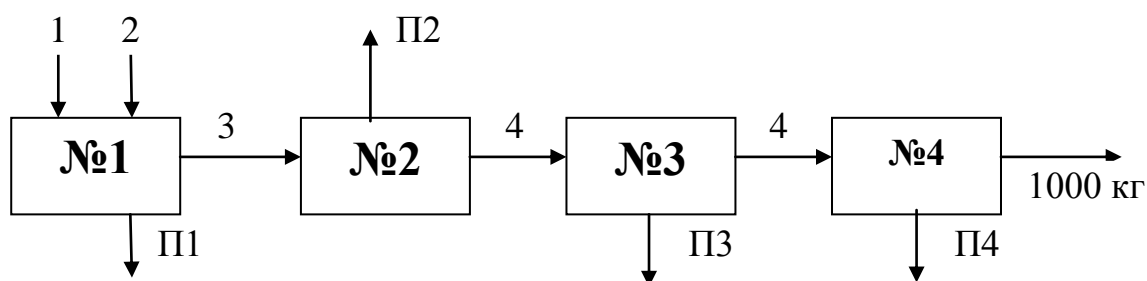


Рис. 2 – Схема материальных потоков

Стадии процесса (рис. 2):

- №1 – измельчение шихты;
- №2 – загрузка и прокаливание шихты;
- №3 – выгрузка пигмента;
- №4 – фасовка пигмента.

Материальные потоки (рис. 2): 1 – железосодержащее сырьё (ЖС); 2 – доломит; 3 – шихта; 4 – пигмент.

Потери по стадиям, %: П1 – 2.0; П2 – выделяющиеся газы (расчетная величина, зависящая от состава доломита); П3 – 1.0; П4 – 0.5.

Пигмент получают прокаливанием шихты. В качестве источника солеобразующих металлов используют доломит, содержащий 70 % карбоната кальция и 30 % карбоната магния. Рецептúra приведена в табл. 4.

Таблица 4 – Рецепттура шихты

№	Компоненты шихты	Содержание	
		%	масс. доля
1	ЖС	50	0.5
2	Доломит	50	0.5
	Итого:	100	1.0

На стадию фасовки с учетом потерь (0.5 %) должно поступить пигмента X_4 , кг:

$$\frac{1000}{X_4} \quad \left| \begin{array}{l} (100 - 0.5) \% \\ 100 \% \end{array} \right. \quad X_4 = \frac{1000 \cdot 100 \%}{99.5 \%} = 1005.0.$$

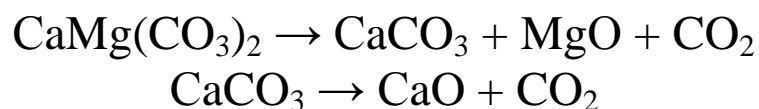
Потери пигмента П4 составляют: $П4 = 1005 - 1000 = 5$ кг.

Масса синтезированного пигмента на стадии выгрузки из муфельной печи с учетом потерь (1.0 %) составляет X_3 , кг:

$$\frac{1005}{X_3} \quad \left| \begin{array}{l} (100 - 1.0) \% \\ 100 \% \end{array} \right. \quad X_3 = \frac{1005 \cdot 100 \%}{99 \%} = 1015.2.$$

Потери пигмента П3 составляют: $П3 = 1015.2 - 1005.0 = 10.2$ кг.

На стадии синтеза происходит разложение карбонатов кальция и магния с выделением углекислого газа по реакциям:



Количество доломита в поступившей на стадию шихте составляет $1015.2 \cdot 0.5 = 507.6$ кг. Количество содержащегося в нем карбоната кальция составляет в соответствии с составом доломита $507.6 \cdot 0.7 = 355.3$ кг. Количество выделяющегося из

карбоната кальция углекислого газа рассчитывается по следующей формуле:

$$m_{CO_2} = m_d \cdot \frac{M_{CO_2}}{M_{CaCO_3}},$$

где m_d – масса доломита, кг;

M_{CO_2} – молекулярная масса CO_2 ;

M_{CaCO_3} – молекулярная масса $CaCO_3$.

Количество выделяющегося при разложении карбоната кальция углекислого газа составляет, кг:

$$m_{CO_2} = 355.3 \cdot \frac{44}{100} = 153.3.$$

Количество содержащегося в шихте карбоната магния составляет $507.6 \cdot 0.3 = 152.3$ кг. Количество выделяющегося при разложении карбоната магния углекислого газа, кг:

$$m_{CO_2} = 355.3 \cdot \frac{M_{CO_2}}{M_{MgCO_3}} = 355.3 \cdot \frac{44}{84.3} = 185.5.$$

Общее количество выделяющегося углекислого газа составляет $153.3 + 185.5 = 338.8$ кг. Необходимое количество шихты, загружаемое в печь должно составить, кг:

$$1015.2 + 338.7 = 1353.9.$$

Потери на стадии прокаливания шихты составляют:
 $П2 = 338.8$ кг.

На стадию измельчения с учетом потерь (2.0 %) должно поступить шихты X_1 , кг:

1353,9	(100 – 2.0) %
X_1	100 %

$$X_1 = \frac{1353.9 \cdot 100\%}{98.0\%} = 1381.5.$$

Потери шихты $П1$ составляют: $П1 = 1381.5 - 1353.9 = 27.6$ кг.

В соответствии с рецептурой шихты необходимое количество ЖС составляет: $1381.5 \cdot 0.5 = 690.8$ кг, необходимое количество доломита составляе: $1381.5 \cdot 0.5 = 690.8$ кг.

Результаты расчетов приведены в табл. 5.

Таблица 5 – Материальный баланс на 1000 кг ферритного пигмента

Приход		Расход	
Статья прихода	Количество, кг	Статья расхода	Количество, кг
ЖС	690.8	Ферритный пигмент	1000.0
Доломит	690.8	Потери, из них по стадиям:	381.6
		№1 шихты	27.6
		№2 углекислый газ	338.8
		№3 пигмента	10.2
		№4 пигмента	5.0
Итого:	1381.6	Итого:	1381.6

Расчёт сырья, необходимого для выполнения суточной и годовой программ

Суточная производительность цеха – G_c (т) определяется по формуле (1):

$$G_c = 5000 / 249 = 24.4 \text{ т.}$$

Суточный расход сырья определяется исходя из данных, приведенных в табл. 5 материального баланса следующим образом:

На 1000 кг пигмента	Необходимо ЖС 690.8 кг	$X = \frac{24.4 \text{ т} \cdot 690.8 \text{ кг}}{1000 \text{ кг}} =$ $24.4 \text{ т} \cdot 0.6908 = 16855.5 \text{ т.}$
На 24.400 т пигмента	$X \text{ т}$	

Суточный расход доломита равен суточному расходу ЖС.

Годовой расход сырья, т:

- ЖС $5000 \cdot 0.6908 = 3454$;
- доломит $5000 \cdot 0.6908 = 3454$.

3. МАТЕРИАЛЬНЫЙ БАЛАНС ПРОИЗВОДСТВА ЭМАЛИ ПФ-115 БЕЛАЯ

Цель: рассчитать количество сырья, необходимого для производства 1000 кг эмали, а также выполнения суточного и годового задания.

Исходные данные: годовая производительность цеха 8900 т. Режимный фонд времени 365 дней. Рецептура эмали приведена в табл. 6.

Таблица 6 – Рецептура эмали ПФ-115 белая

Наименование компонентов	Состав пасты, %	Состав эмали, %		
		Компоненты	Паста и компоненты, добавляемые при постановке на тип	
Лак ПФ-060	50.0	58.2	23.2	
Диоксид титана	20.0	14.0	Паста	35.0
Кальцит	30.0	21.0		14.0
Сиккатив		4.0		21.0
Уайт-спирит		2.8		4.0
Итого:	100.0	100.0		2.8
				100.0

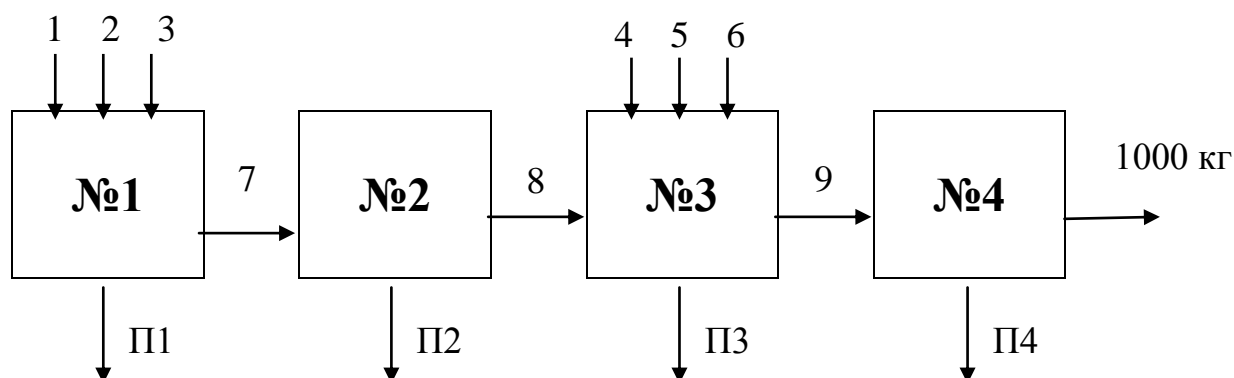


Рис. 3 – Схема материальных потоков

Стадии процесса (рис. 3):

№1 – изготовление замеса пигментной пасты;

№2 – диспергирование пигментов;

№3 – составление эмали;

№4 – фильтрация и фасовка эмали.

Материальные потоки (рис. 3): 1 и 4 – лак ПФ-060, 2 – диоксид титана, 3 – кальцит, 5 – уайт-спирит, 6 – сиккатив, 7 и 8 – пигментная паста, 9 – эмаль ПФ-115.

Потери по стадиям, %: П1 – 1.0, П2 – 0.7, П3 – 1.0, П4 – 1.0.

Расчет сырья, необходимого для производства 1000 кг эмали

Расчет начинается с конечной стадии производственного процесса.

На стадию №4 (фильтрация и фасовка) с учетом потерь (1.0 %) должно поступить эмали X_4 , кг:

1000	(100 – 1) %	$X_4 = \frac{1000 \cdot 100\%}{99\%} = 1010.1.$
X_4	100 %	

Потери эмали П4 составляют: $П4 = 1010.1 - 1000.1 = 10.1$ кг.

На стадию №3 (составление эмали) с учетом потерь (1.0 %) должно поступить материалов (пигментной пасты со стадии №2 и оставшихся компонентов эмали) X_3 , кг:

$$\frac{1010,1}{X_2} \bigg| \frac{(100 - 1) \%}{100 \%} X_3 = \frac{1010,1 \cdot 100 \%}{99 \%} = 1020,3.$$

Потери эмали ПЗ составляют: $ПЗ = 1020,3 - 1010,1 = 10,2$ кг.

Расчет количества загружаемых на данной стадии компонентов, а именно оставшегося лака, сиккатива и уайт-спирита может быть произведен различными способами.

Способ А. По компоненту, входящему в состав пасты (не добавляемому на данной стадии), например, диоксиду титана.

Количество диоксида титана, содержащееся в 1020,30 кг эмали в соответствии с рецептурой эмали, кг:

$$\frac{1020,3 \cdot 14 \%}{100 \%} = 142,84.$$

Диоксид титана поступает на стадию составления эмали в составе пасты. Следовательно, зная массу диоксида титана (142,84 кг) и его процентное содержание в пасте (20,0 %), можно определить общее количество пасты, кг:

$$\frac{142,84 \cdot 100 \%}{20 \%} = 714,20.$$

В пасте содержится 50 % лака ПФ-060, что составляет, кг:

$$\frac{714,20 \cdot 50 \%}{100 \%} = 357,10.$$

Общее количество лака в 1020,30 кг эмали, кг:

$$\frac{1020.30 \cdot 58.2 \%}{100 \%} = 593.81.$$

Следовательно, на стадии составления эмали должно быть подано лака ПФ-060, кг:

$$593.81 - 357.10 = 236.71.$$

Уайт-спирит подается на стадию составления эмали в количестве, кг:

$$\frac{1020.30 \cdot 2.8 \%}{100 \%} = 28.57.$$

Сиккатив, кг:

$$\frac{1020.30 \cdot 4.0 \%}{100 \%} = 40.81.$$

Способ Б. По компонентам, добавляемым на данной стадии.

Алкидный лак при способе получения эмали методом тощих паст входит и в состав пасты и добавляется на стадии постановки эмали на тип. Содержание его с 50 % в пасте увеличивается до 58.2 % в эмали. В поступивших на эту стадию материалах доля пасты составляет 70.0 %, следовательно, пасты должно быть подано, кг:

$$\frac{1020.30 \cdot 70.0 \%}{100 \%} = 714.21.$$

Количество добавляемого на данной стадии лака составляет 23.2 %, следовательно, лака должно быть подано, кг:

$$\frac{1020.30 \cdot 23.2 \%}{100 \%} = 236.71.$$

Расчет количества уайт-спирита и сиккатива совпадает со значениями, полученными по способу А.

На стадию №2 (диспергирование пигментов) с учетом потерь (0.7 %) должно поступить материалов (пигментной пасты со стадии №1) X_2 , кг:

714.20	(100 – 0.7) %	$X_2 = \frac{714.21 \cdot 100 \%}{99.3 \%} = 719.24.$
X_2	100 %	

Потери пасты П2 составляют: $П2 = 719.24 - 714.21 = 5.03$ кг.

На стадию №1 (изготовление замеса пигментной пасты) с учетом потерь (1.0 %) должно поступить материалов X_1 , кг:

719.24	(100 – 1.0) %	$X_2 = \frac{719.24 \cdot 100 \%}{99.0 \%} = 726.51.$
X_2	100 %	

Потери пасты П1 составляют: $П1 = 726.51 - 719.24 = 7.27$ кг.

Согласно рецептуре пигментной пасты (табл. 7) на стадию №1 изготовления эмали подаются исходные компоненты в количестве, кг:

– лак ПФ-060	$\frac{726.51 \cdot 50 \%}{100 \%} = 363.26;$
– диоксид титана	$\frac{726.51 \cdot 20 \%}{100 \%} = 145.30;$
– кальцит	$\frac{726.51 \cdot 30 \%}{100 \%} = 217.95.$

Результаты расчетов приведены в табл. 7.

Таблица 7 - Материальный баланс на 1000 кг эмали ПФ-115 белая

Приход		Расход	
Статья прихода	Количество, кг	Статья расхода	Количество, кг
Лак ПФ-060 в пасту	363.26	Эмаль	1000.00
Диоксид титана	145.30	Потери: из них по стадиям	32.60
Кальцит	217.95		
Лак ПФ-060 при постановке на тип	236.71	пасты	№1 7.27
			№2 5.03
Уайт-спирит	28.57	эмали	№3 10.20
Сиккатив	40.81		№4 10.10
Итого:	1032.60	Итого:	1032.60

Расчёт сырья, необходимого для выполнения суточной и годовой программ

Суточная производительность цеха – G_c (т) определяется по формуле (1): $G_c = 8900 / 365 = 24.4$ т.

Суточный расход сырья определяется исходя из данных, приведенных в табл. 7 материального баланса следующим образом:

На 1000 кг эмали	Необходимо лака ПФ-060 363.26 + 236.71 кг	$X = \frac{24.4 \text{ т} \cdot (363.26 + 236.71) \text{ кг}}{1000 \text{ кг}} =$
На 24.4 т эмали	$X_{\text{т}}$	$24.4 \text{ т} \cdot 0.6 = 14.64.$

Аналогично для остального сырья, т:

– диоксид титана	$24.4 \cdot 0.14530 = 3.55;$
– кальцит	$24.4 \cdot 0.21795 = 5.32;$
– уайт-спирит	$24.4 \cdot 0.02857 = 0.70;$
– сиккатив	$24.4 \cdot 0.04081 = 1.00.$

Годовой расход сырья, т:

– лак ПФ-060	$8900 \cdot 0.60000 = 5340.0;$
– диоксид титана	$8900 \cdot 0.14530 = 1293.2;$
– кальцит	$8900 \cdot 0.21795 = 1939.8;$
– уайт-спирит	$8900 \cdot 0.02857 = 254.3;$
– сиккатив	$8900 \cdot 0.04081 = 363.2.$

4. МАТЕРИАЛЬНЫЙ БАЛАНС ПРОИЗВОДСТВА ЭМАЛИ, получаемой по фляшинг-технологии

Цель: рассчитать количество сырья, необходимого для производства 1000 кг эмали, а также выполнения суточного и годового задания.

Исходные данные: годовая производительность 7000 т, режимный фонд времени 256 суток. Рецепт эмали приведена в табл. 8.

Таблица 8 - Рецепт эмали

Компоненты	Состав пигментной пасты, %	Состав лаковой части, %	Состав эмали, %		
			Составные части		Компоненты
Лак ПФ-060		96.77	Лаковая часть	31.0	30.0
Сиккатив		3.23			1.0
Диоксид титана	21.74		Пигментная паста	69.0	15.0
Кальцит	49.56				34.2
Смачиватель	1.45				1.0
Пеногаситель	0.29				0.2
Вода	26.96				18.6
Итого:	100.00	100.00		100.0	100.0

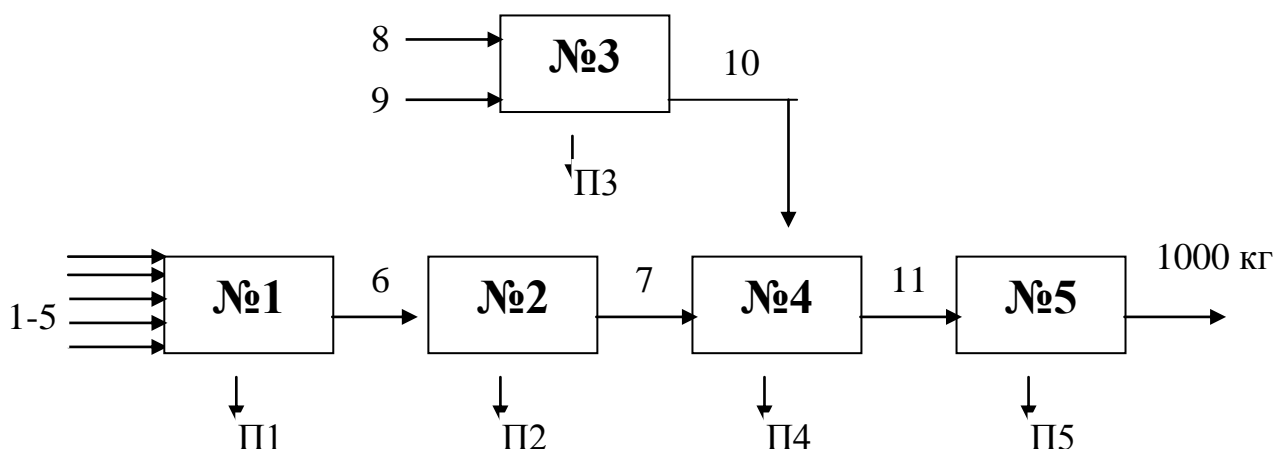


Рис. 4 – Схема материальных потоков

Стадии процесса:

- №1 – приготовление пигментной пасты
- №2 – диспергирование пигментной пасты
- №3 – приготовление лаковой части
- №4 – составление эмали и постановка “на тип”
- №5 – фильтрация и фасовка.

Материальные потоки: 1 – вода; 2 – смачиватель; 3 – пеногаситель; 4 – диоксид титана; 5 – кальцит; 6, 7 – пигментная паста; 8 – лак ПФ-060; 9 – сиккатив; 10 – лаковая часть, 11 – эмаль.

Потери по стадиям, %: П1 = 0.6, П2 = 1.0, П3 = 0.7, П4 = 1.1, П5 = 0.5.

Расчет сырья, необходимого для производства 1000 кг эмали

На стадию №5 фасовки с учетом потерь (0.5 %) должно поступить эмали X_5 , кг:

$$\frac{1000}{X_5} \quad \left| \quad \frac{(100 - 0.5) \%}{100 \%} \right. \quad X_5 = \frac{1000 \cdot 100 \%}{99.5 \%} = 1005.02.$$

Потери эмали П5 составляют: $П5 = 1005.02 - 1000.00 = 5,02$ кг.

На стадию №4 составления эмали с учетом потерь (1.1 %) должно поступить пигментной пасты и лаковой части X_4 , кг:

$$\frac{1005.02}{X_4} \quad \left| \quad \frac{(100 - 1.1) \%}{100 \%} \right. \quad X_4 = \frac{1005.02 \cdot 100 \%}{98.9 \%} = 1016.20.$$

Потери эмали П4 составляют: $П4 = 1016.20 - 1005.02 = 11.18$ кг.

На стадию №4 должно поступить материалов в соответствии с рецептурой эмали (табл. 8, составные части эмали), кг:

$$\text{— лаковая часть} \quad \frac{1016.20 \cdot 31 \%}{100 \%} = 315.02;$$

$$\text{— пигментная паста} \quad \frac{1016.20 \cdot 69 \%}{100 \%} = 701.18.$$

На стадию №3 приготовления лаковой части с учетом потерь (0.7 %) должно поступить материалов X_3 , кг:

$$\frac{315.02}{X_3} \quad \left| \quad \frac{(100 - 0.7) \%}{100 \%} \right. \quad X_3 = \frac{315.02 \cdot 100 \%}{99.3 \%} = 317.24.$$

Потери лаковой части ПЗ составляют: $ПЗ = 317.24 - 315.02 = 2.22$ кг.

Количество компонентов, поступающих на стадию №3 в соответствии с рецептурой (табл. 8, состав лаковой части), кг:

$$\text{— лак ПФ-060:} \quad 317.24 \cdot 96.77 / 100 = 306.99;$$

$$\text{— сиккатив:} \quad 317.24 \cdot 03.23 / 100 = 10.25.$$

На стадию №2 диспергирования пигментной пасты с учетом потерь (1.0 %) должно поступить материалов X_2 , кг:

$$\frac{701.18}{X_2} \quad \left| \quad \frac{(100 - 1.0) \%}{100 \%} \right. \quad X_2 = \frac{701.18 \cdot 100 \%}{99.0 \%} = 708.26.$$

Потери пигментной пасты П2 составляют: $П2 = 708.26 - 701.18 = 7.08$ кг.

На стадию №1 приготовления замеса пигментной пасты с учетом потерь (0.6 %) должно поступить компонентов X_1 , кг:

$$\frac{708.26}{X_1} \quad \left| \quad \frac{(100 - 0.6) \%}{100 \%} \right. \quad X_1 = \frac{708.26 \cdot 100 \%}{99.4 \%} = 712.54.$$

Потери пигментной пасты П1 составляют: $P1 = 712.54 - 708.26 = 4.28$ кг.

Количество компонентов, поступающих на стадию №1 в соответствии с рецептурой (табл. 8, состав пигментной пасты), кг:

- диоксид титана $712.54 \cdot 21.74 / 100 = 154.91$;
- кальцит $712.54 \cdot 49.56 / 100 = 353.13$;
- смачиватель $712.54 \cdot 01.45 / 100 = 10.33$;
- пеногаситель $712.54 \cdot 00.29 / 100 = 2.07$;
- вода $712.54 \cdot 26.96 / 100 = 192.10$.

Общие потери производства составляют, кг:

$$P = P1 + P2 + P3 + P4 + P5 = 4.28 + 7.08 + 2.22 + 11.18 + 5.02 = 29.78$$

Результаты расчетов приведены в табл. 9.

Таблица 9 - Материальный баланс на 1000 кг эмали

Приход		Расход	
Статья прихода	Количество, кг	Статья расхода	Количество, кг
Лак ПФ-060	306.99	Эмаль	1000.00
Сиккатив	10.25	Потери: из них по стадиям	29.78
Диоксид титана	154.91		
Кальцит	353.13	№1	4.28
Смачиватель	10.33	№2	7.08
Пеногаситель	2.07	№3	2.22
Вода	192.10	№4	11.18
		№5	5.02
Итого:	1029.78	Итого:	1029.78

Расчет сырья, необходимого для выполнения суточной и годовой программы

Суточная производительность цеха рассчитывается по формуле (1) и составляет, т:

$$G_c = \frac{7000}{256} = 27.343.$$

Суточный расход сырья определяется исходя из данных, приведенных в табл. 9 материального баланса следующим образом:

На 1000 кг эмали	Необходимо лака 306.99 кг	$X = \frac{27.343 \text{ т} \cdot 306.99 \text{ кг}}{1000 \text{ кг}} =$
На 27.343 т эмали	$X \text{ т}$	$27.343 \text{ т} \cdot 0.30699 = 8.394 \text{ т}.$

Аналогично для остального сырья, т:

– сиккатив	$27.343 \cdot 0.01025 = 0.280;$
– диоксид титана	$27.343 \cdot 0.15491 = 4.236;$
– кальцит	$27.343 \cdot 0.35313 = 9.656;$
– смачиватель	$27.343 \cdot 0.01033 = 0.282;$
– пеногаситель	$27.343 \cdot 0.00207 = 0.057;$
– вода	$27.343 \cdot 0.19210 = 5.253.$

Годовой расход сырья, т:

– лак ПФ-060	$7000 \cdot 0.30699 = 2148.93;$
– сиккатив	$7000 \cdot 0.01025 = 71.75;$
– диоксид титана	$7000 \cdot 0.15491 = 1084.37;$
– кальцит	$7000 \cdot 0.35313 = 2471.91;$
– смачиватель	$7000 \cdot 0.01033 = 72.31;$
– пеногаситель	$7000 \cdot 0.00207 = 14.49;$
– вода	$7000 \cdot 0.19210 = 1344.70.$

5. МАТЕРИАЛЬНЫЙ БАЛАНС ПРОИЗВОДСТВА ЭМАЛИ НЦ-132 КРАСНАЯ

Цель: рассчитать количество сырья, необходимого для производства 1000 кг эмали, а также выполнения суточного и годового задания.

Исходные данные: годовая производительность 6700 т, режимный фонд времени 256 суток. Рецепт эмали НЦ-132 красная приведена в табл. 10.

Таблица 10 – Рецепт эмали НЦ-132 красная

Компоненты	Состав пигмент-ной пасты, %	Состав коллоксили-нового раствора, %	Состав эмали, %	
			Составляю-щие части	Компонен-ты
Смола 188	58.35		Пигментная паста	29.70
Красный железоксидный пигмент (КЖП)	19.65			10.00
Толуол	22.00			11.20
Коллоксилин		21.50	Коллоксилиновый раствор	9.66
Бутилацетат		11.44		5.13
Ацетон		11.44		5.13
Этилцеллозольв		11.44		5.13
Спирт бутиловый		21.48		9.65
Спирт этиловый		22.70		10.20
ХП-470			2.10	
ДБФ			2.10	
Итого:	100.00	100.00	100.00	

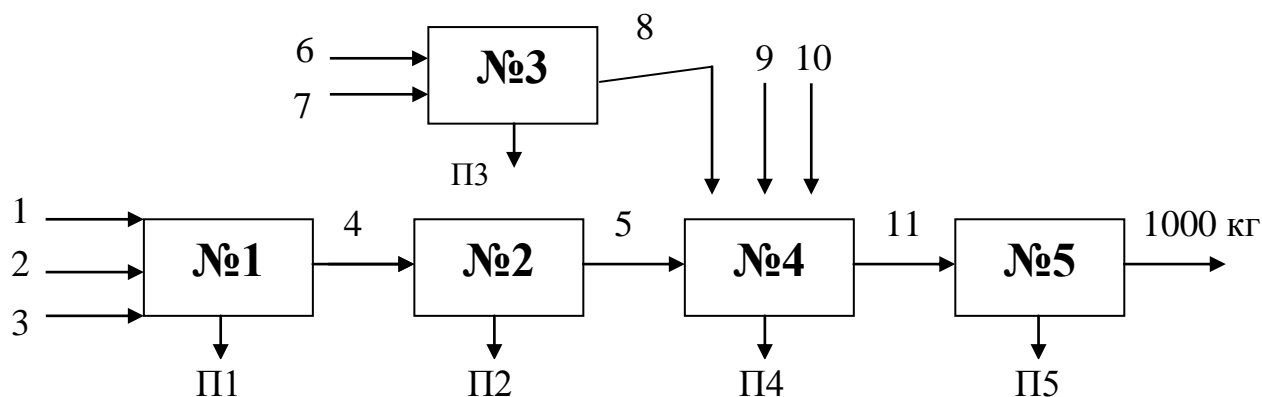


Рис. 5 – Схема материальных потоков

Стадии процесса (рис. 5):

- №1 – приготовление пигментной пасты
- №2 – диспергирование пигментной пасты
- №3 – приготовление коллоксилинового раствора
- №4 – составление эмали и постановка “на тип”
- №5 – фильтрация и фасовка

Материальные потоки (рис. 5): 1 – смола 188; 2 – толуол; 3 – пигмент; 4,5 – пигментная паста; 6 – коллоксилин; 7 – растворители: бутилацетат, ацетон, этилцеллозольв, спирт бутиловый, спирт этиловый; 8 – раствор коллоксилина; 9 – ХП-470; 10 – ДБФ.

Потери по стадиям, %: П1 = 1.2, П2 = 0.8, П3 = 0.7, П4 = 1.2, П5 = 0.5.

Расчет сырья, необходимого для производства 1000 кг эмали

На стадию фасовки (№5) с учетом потерь (0.5 %) должно поступить эмали X_{11} , кг:

1000	(100 – 0.5) %
X_{11}	100 %

$$X_{11} = \frac{1000 \cdot 100\%}{99.5\%} = 1005.02$$

Потери эмали П5 составляют: $П5 = 1005.02 - 1000.0 = 5.02$ кг.

На стадию составления эмали (№4) с учетом потерь (1.2 %) должно поступить пигментной пасты и материалов, кг:

1005.02	(100 – 0.5) %	$X = \frac{1005.02 \cdot 100 \%}{98.8 \%} = 1017.23.$
X	100 %	

Потери П4 составляют: $P_4 = 1017.23 - 1005.02 = 12.21$ кг.

На стадиях 4 и 5 состав потерь одинаков, поэтому потери по компонентам рассчитаем исходя из суммы потерь эмали на этих стадиях.

На стадию приготовления эмали поступает, кг:

- пигментная паста $X_5 = 50.9 \cdot 1017.23/100 = 517.77$;
- коллоксилиновый раствор $X_8 = 44.9 \cdot 1017.23/100 = 456.74$;
- ХП-470 $X_9 = 2.1 \cdot 1017.23/100 = 21.36$;
- ДБФ $X_{10} = 2.1 \cdot 1017.23/100 = 21.36$;

где в соответствии с рецептурой (табл. 10), состав эмали, составляющие части) 50.9 – доля пигментной пасты в готовой эмали (смола + КЖП + толуол), %; 44.9 – доля коллоксилинового раствора в готовой эмали (коллоксилин + бутилацетат + ацетон + этилцеллозольв + спирт бутиловый + спирт этиловый), %.

Сумма потерь на двух стадиях $\Sigma П = П_4 + П_5 = 12.21 + 5.02 = 17.23$ кг.

Из них, кг:

- | | |
|------------------|------------------------------|
| – смола 188 | $0.297 \cdot 17.23 = 5.12$; |
| – КЖП | $0.100 \cdot 17.23 = 1.72$; |
| – толуол | $0.112 \cdot 17.23 = 1.93$; |
| – коллоксилин | $0.097 \cdot 17.23 = 1.66$; |
| – ХП-470 | $0.021 \cdot 17.23 = 0.36$; |
| – ДБФ | $0.021 \cdot 17.23 = 0.36$; |
| – бутилацетат | $0.051 \cdot 17.23 = 0.88$; |
| – ацетон | $0.051 \cdot 17.23 = 0.88$; |
| – этилцеллозольв | $0.051 \cdot 17.23 = 0.88$; |

- спирт бутиловый $0.096 \cdot 17.23 = 1.66;$
- спирт этиловый $0.102 \cdot 17.23 = 1.76.$

На стадию приготовления коллоксилинового раствора с учетом потерь (0.7 %) должно поступить материалов, кг:

$$\frac{456.74}{X_8} \left| \begin{array}{l} (100 - 0.7) \% \\ 100 \% \end{array} \right. X_8 = \frac{456.74 \cdot 100 \%}{99.3 \%} = 459.96.$$

Количество компонентов, поступающих на стадию приготовления коллоксилинового раствора в соответствии с рецептурой, составляет, кг:

- коллоксилин $X_6 = 459.96 \cdot 21.50 / 100 = 98.89;$
- бутилацетат $X_7 = 459.96 \cdot 11.44 / 100 = 52.62;$
- ацетон $X_7 = 459.96 \cdot 11.44 / 100 = 52.62;$
- этилцеллозольв $X_7 = 459.96 \cdot 11.44 / 100 = 52.62;$
- спирт бутиловый $X_7 = 459.96 \cdot 21.48 / 100 = 98.80;$
- спирт этиловый $X_7 = 459.96 \cdot 22.70 / 100 = 104.41.$

Потери составляют: $ПЗ = 459.96 - 456.74 = 3.22$ кг.

Из них, кг:

- коллоксилин $0.215 \cdot 3.22 = 0.692;$
- бутилацетат $0.114 \cdot 3.22 = 0.368;$
- ацетон $0.114 \cdot 3.22 = 0.368;$
- этилцеллозольв $0.114 \cdot 3.22 = 0.368;$
- спирт бутиловый $0.215 \cdot 3.22 = 0.687;$
- спирт этиловый $0.227 \cdot 3.22 = 0.731.$

На стадию диспергирования пигментной пасты с учетом потерь (0.8 %) должно поступить пигментной пасты, кг:

$$\frac{517.77}{X_2} \quad \left| \quad \frac{(100 - 0.8) \%}{100 \%} \right. \quad X_2 = \frac{517.77 \cdot 100 \%}{99.2 \%} = 521.94.$$

Потери пасты П2 составляют: $P_2 = 521.94 - 517.77 = 4.17$ кг.
Из них, кг:

- смола 188 $0.5835 \cdot 4.17 = 2.43$;
- КЖП $0.1965 \cdot 4.17 = 0.82$;
- толуол $0.2200 \cdot 4.17 = 0.92$.

На стадию приготовления замеса пигментной пасты с учетом потерь (1.2 %) должно поступить компонентов, кг:

$$\frac{517.77}{X_1} \quad \left| \quad \frac{(100 - 1.2) \%}{100 \%} \right. \quad X_1 = \frac{521.94 \cdot 100 \%}{98.8 \%} = 532.16.$$

Количество компонентов, поступающих на стадию приготовления замеса пигментной массы в соответствии с рецептурой составляет, кг:

- смола 188 $532.16 \cdot 58.35 / 100 = 310.51$;
- КЖП $532.16 \cdot 19.65 / 100 = 104.57$;
- толуол $532.16 \cdot 22.00 / 100 = 117.08$.

Потери составляют: $P_1 = 532.16 - 521.94 = 10.22$ кг.

Из них, кг:

- смола 188 $0.5835 \cdot 10.22 = 5.96$;
- КЖП $0.1965 \cdot 10.22 = 2.01$;
- толуол $0.2200 \cdot 10.22 = 2.25$.

Результаты расчетов приведены в табл. 11.

Таблица 11 – Материальный баланс на 1000 кг эмали НЦ-132 красная

Приход		Расход	
Статья прихода	Количество, кг	Статья расхода	Количество, кг
Коллоксилин	98.89	Эмаль	1000.00
Смола 188	310.51	Потери: из них по стадиям	34.84
ХП-470	21.36		
ДБФ	21.36		
КЖП	104.57	№1	10.22
Бутилацетат	52.62	№2	4.17
Ацетон	52.62	№3	3.22
Этилцеллозольв	52.62	№4	12.21
Спирт бутиловый	98.80	№5	5.02
Толуол	117.08		
Спирт этиловый	104.41		
Итого:	1034.84	Итого:	1034.84

Расчёт сырья, необходимого для выполнения суточной и годовой программы

Суточная производительность цеха рассчитывается по формуле (1) и составляет:

$$G_c = \frac{6700}{256} = 26.172.$$

Суточный расход сырья определяется исходя из данных, приведенных в табл. 11 материального баланса следующим образом:

На 1000 кг эмали	Необходимо коллоксилина 98,89 кг	$X = \frac{26.172 \text{ т} \cdot 98.89 \text{ кг}}{1000 \text{ кг}} =$
На 26.172 т эмали	X т	$26172 \text{ кг} \cdot 0.09889 = 2588.15 \text{ т.}$

Аналогично для остального сырья, т:

– смола 188	$26.172 \cdot 0.31051 = 0.813;$
– ХП-470	$26.172 \cdot 0.02136 = 0.559;$
– ДБФ	$26.172 \cdot 0.02136 = 0.559;$
– КЖП	$26.172 \cdot 0.10457 = 3.051;$
– бутилацетат	$26.172 \cdot 0.05262 = 1.377;$
– ацетон	$26.172 \cdot 0.05262 = 1.377;$
– этилцеллозольв	$26.172 \cdot 0.05262 = 1.377;$
– спирт бутиловый	$26.172 \cdot 0.09880 = 2.586;$
– толуол	$26.172 \cdot 0.11708 = 3.064;$
– спирт этиловый	$26.172 \cdot 0.10441 = 2.733.$

Годовой расход сырья, т:

– коллоксилин	$6700 \cdot 0.09889 = 662.56;$
– смола 188	$6700 \cdot 0.31051 = 2080.42;$
– ХП-470	$6700 \cdot 0.02136 = 143.10;$
– ДБФ	$6700 \cdot 0.02136 = 143.10;$
– КЖП	$6700 \cdot 0.10457 = 700.62;$
– бутилацетат	$6700 \cdot 0.05262 = 352.55;$
– ацетон	$6700 \cdot 0.05262 = 352.55;$
– этилцеллозольв	$6700 \cdot 0.05262 = 352.55;$
– спирт бутиловый	$6700 \cdot 0.09880 = 661.96;$
– толуол	$6700 \cdot 0.11708 = 784.44;$
– спирт этиловый	$6700 \cdot 0.10441 = 699.55.$

СОДЕРЖАНИЕ

Введение. Материальные расчёты	3
1. Материальный баланс производства лака ПФ-053	6
2. Материальный баланс производства ферритного пигмента, получаемого по керамической технологии	14
3. Материальный баланс производства эмали ПФ-115 белая	18
4. Материальный баланс производства эмали, получаемой по фляшинг-технологии	25
5. Материальный баланс производства эмали НЦ-132 красная	30

Для заметок

Для заметок

Материальные расчёты при проектировании лакокрасочных производств

Дизайн обложки –
И.А. Насырова

Подписано в печать 08.05.2014.
Бумага офсетная. Печать цифровая.
Формат 60х84 1/16. Гарнитура «Times New Roman». Усл. печ. л. 2,32.
Уч.-изд. л. 0,81. Тираж 100 экз. Заказ 28/5.

Отпечатано с готового оригинал-макета
в типографии Издательства Казанского университета

420008, г. Казань, ул. Профессора Нужи́на, 1/37
тел. (843) 233-73-59, 233-73-28